1873

Lane Medical Library

Ueber die Apnoë.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin und Chirurgie

der

hohen medicinischen Facultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

vorgelegt und mit Thesen am 28. Juni 1873 vertheidigt

von

August Ewald
aus Darmstadt

Namen der Opponenten:

W. Hurm, Dr. med.
G. Seidel, Dr. med.
R. Hertwig, Dr. med.

Buchdruckerei von P. Neusser in Bonn.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153709_0222

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn

Geheimrath Prof. Dr. Pflüger

in Hochachtung und Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Ueber die Apnoë.

Paul Hering hatte 1867 in seinen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Blutgase in der Apnoë die auffallende Thatsache gefunden, dass während dieses Zustandes der Sauerstoffgehalt des Arterienblutes vermindert sei. Nachdem Geh. Rath Pflüger (Ueber die Ursachen der Athembewegungen, sowie der Dispnoë und Apnoë. Pflüger's Archiv. I. 1868. pag. 100) diese Paradoxie aus theorethischen Gründen angezweifelt und dadurch erklärt hatte, dass P. Hering die Vergleichungen der Blutgase bei natürlicher Athmung und bei Apnoë an verschiedenen Individuen und nicht, wie es doch allein möglich ist, um brauchbare Resultate zu erhalten, hintereinander an demselben Thiere ausgeführt hatte, forderte

mich derselbe auf, in seinem Laboratorium die Hering'schen Angaben einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Ehe ich jedoch zur Beschreibung der Versuche selbst übergehe, will ich kurz die dabei angewendeten Methoden besprechen. Wie schon oben angedeutet, beruht der Hauptunterschied zwischen dem Verfahren von Hering und dem in den folgenden Untersuchungen angewendeten darin, dass ich bei ein und demselben Thiere erst eine Blutportion bei natürlicher Athmung auffing und entgaste, dann eine, nachdem das Thier apnoisch gemacht worden war, darauf wieder eine bei natürlicher Athmung, nachdem dem Thiere Zeit zu vollständiger Erholung gelassen wurde, dann wieder eine in der Apnoë und so fort. Dadurch bin ich nun in den Stand gesetzt, auch auf kleinere Differenzen Werth legen zu können, während es bei der Hering'schen Methode verschiedene Thiere zum Vergleich der natürlichen Athmung und des apnoischen Zustandes zu benutzen, rein dem Zufall überlassen bleibt, ob das Thier gerade ein Hämoglobinbinreicheres oder Hämoglobinärmeres Blut besitzt; denn die Differenzen im Sauerstoffgehalte des Blutes verschiedener Individuen — selbst der nämlichen Gattung — sind viel grösser als die kleinen Unterschiede, die wir während normaler Respiration und Apnoë für den Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes constatiren konnten. Die Hering'sche Art der Untersuchung könnte höchstens darin ihre Anwendung finden, dass man aus einer sehr grossen Reihe von Bestimmungen einen Mittelwerth zöge; dafür aber ist die Zahl der Versuche jetzt noch zu klein. Meine Methode erlaubt dagegen, auch aus einer relativ kleinen Anzahl von Beobachtungen zu verwerthende Schlüsse zu ziehen.

Die Versuche wurden meistens an Hunden gemacht und zwar an möglichst grossen Thieren, um grössere Blutquantitäten entnehmen zu können, ohne dadurch das Thier allzusehr zu erschöpfen und den Hämoglobingehalt zu sehr herabzudrücken. Zur Erzeugung der Apnoë wurde die Trachea geöffnet und eine möglichst weite Kanüle eingebunden, welche durch einen etwa $1^1/_2$ Ctm. im Lichten messenden Gummischlauch mit einem Blasebalg verbunden wurde. Letzterer war möglichst gross und nicht dicht, damit dem Hund nicht immer wieder der grösste Theil der von ihm ausgeathmeten Luft eingepumpt wurde. Wie die Versuche zeigten, war diese einfache Vorrichtung vollkommen genügend, um durch längere kräftige Ventilation damit Apnoë hervorzubringen. Für Kaninchen stand uns ein Apparat zur Verfügung, der aus zwei mit Ventilen versehenen Kautschukballons bestand, von denen der eine frische Luft einpumpte, während der andere die sauerstoffarme Luft aus den Lungen aussaugte. Bei Hunden war meistens nach $^1/_4$—$^1/_2$ stündiger Ventilation soweit Apnoë vorhanden, dass das Thier $^1/_2$—$1^1/_2$ Minuten ohne zu respiriren dalag. Dann zeigten sich meistens eine oder zwei ganz leichte oberflächliche Zuckungen der Respirationsmuskeln, worauf wieder längere Ruhe eintrat; dann wieder leichte Zuckungen, darauf kürzere Pausen, bis sich nach und nach flache, zusammenhängende Respirationen einstellten, die immer tiefer wurden, um nach kürzerer oder längerer Zeit den normalen Typus wieder zu erreichen. Letzteres trat mitunter erst nach 10 Minuten ein. Nachfolgende Tabelle gibt den Verlauf der Apnoë einiger später beschriebenen Versuche.

Nach Unterbrechung d. Ventilat. waren vergangen		a	b	c	d	e
Min.	Sec.					
0	5		1. erfolgte Athmenz.			
0	10		Athmenzuckung.			
0	30		Athmenzuckung.	1. flache Respiration.		
0	35					Ganz leise Vibration.
0	45			Tiefer Athemzug.		
1	0		Athmenzuckung.			1. flache Athembe-
1	30			Regelm. Athmung	1. Athemzug.	[wegung.
1	45		Leichte zusammenh.	[beginnt.		[deutl. Athembew.
1	50		[oberflächl. Athm.			Einige flache aber
1	55					1. tiefer Athemzug.
2	0	1. leise Athemzuck.			Fast absolute Ruhe.	Ruhe.
3	0	Tiefer Athemzug.				
4	0	Sehr vereizelte, leichte, unregelmässige Athemzüge.				[hängende Athm.
5	0					Leichte zusammen-
6	0					
7	0				Von Zeit zu Zeit leichte Athemz.	Normale Athmung.
8	0					
9	0	Einz. tiefe Athemz.				
10	0	Einz.tief.Athemz.m.			Normale Athmung.	
15	0	unregelm. Intervall.				
18	0	10 tiefe Resp. dann Ruhe.				
20	0	Athm. ununterbroch. aber unregelmässig.				
30	0	Athmung normal.				

Uebereinstimmend mit den Untersuchungen von Ackermann und den spätern von Goldstein (Ueber Wärmedispnoë, Würzburg 1871) habe ich, da sich meine Untersuchungen durch Sommer- und Wintersemester hinzogen, vielfach Gelegenheit gehabt zu beobachten, dass die Temperatur von wesentlichem Einfluss auf das schwerere oder leichtere Zustandekommen der Apnoë ist, indem wir in der warmen Jahreszeit immer viel länger ventiliren mussten, bis Apnoë erreicht war, als im Winter. Mit einiger Geduld gelang es uns jedoch fast immer vollständige Apnoë zu erzielen, mit Ausnahme einiger Fälle, wo die Thiere nicht zu beruhigen waren und fortwährend forcirte Bewegungen mit den Extremitäten machten.

Die Aderlässe und die darauffolgenden Auspumpungen wurden nach der Methode angestellt, die Prof. Pflüger ausführlich im ersten Bande seines Archivs beschrieben hat (E. Pflüger, über die Ursachen der Athembewegungen, pag. 90—91). Ich glaube deshalb darauf verweisen zu können und möchte nur noch hinzufügen, dass bei den ersten Versuchsreihen, wo es sich darum handelte, gleichzeitig Arterien- und Venenblut aufzufangen, besonders darauf geachtet wurde, dass beide Aderlässe vollkommen zu gleicher Zeit begonnen und ebenso zu gleicher Zeit wieder beendigt wurden. Das venöse Blut entnahmen wir mit einem gläsernen Katheter durch die Vena jugularis dextra direct aus dem rechten Herzen.

Da immer zugleich mit zwei Pflüger'schen Luftpumpen gearbeitet werden konnte, so war es möglich, auch wenn viele Blutportionen aufgefangen waren, dieselben doch so schnell auszupumpen, dass sich eine merkliche Veränderung im Gasgehalte nicht wohl eingestellt haben

konnte, zumal da ja das Blut sofort nach dem Defibriniren in Eis gestellt wurde und daselbst blieb bis zu dem Augenblicke, wo es in die Pumpe gebracht werden konnte. Ferner wurden immer diejenigen Blutquantitäten zu gleicher Zeit entgast, auf deren Vergleichung es hauptsächlich ankam, so dass, selbst wenn sich der Sauerstoffgehalt minimal geändert haben sollte, die Veränderung in beiden Blutproben wenigstens gleichmässig erfolgt sein musste und das Verhältniss im Sauerstoffgehalte beider nicht alterirt wurde.

Die in dieser Arbeit vorkommenden Gasvolumina sind sämmtlich reducirt auf einen Meter Druck und eine Temperatur von 0° C.

Serie I.

Versuch 1. Normale Athmung.

Einem kräftigen Hunde, von der Grösse eines Hühnerhundes, wurden gleichzeitig zwei Aderlässe gemacht, einer aus der Art. femoralis, der andere mittelst des Herzkatheters, der in die Vena jugul. dextr. eingeführt wurde, aus dem rechten Herzen. Beide Blutportionen wurden nach dem Defibriniren in Eis gestellt und ergaben bei der möglicht bald erfolgten Auspumpung:

Art. fem.		Rechtes Herz.	
Sauerstoff	= 17,3 pCt.	Sauerstoff	= 11,7 pCt.
Kohlensäure	= 33,4 pCt.	Kohlensäure	= 36,5 pCt.

Versuch 2. Apnoë.

Nun wurde die Tracheotomie gemacht und 20 Minuten lang mit dem Blasebalge ventilirt, worauf der zweite Doppeladerlass folgte, dessen Gase die folgenden waren:

Art. fem.		Rechtes Herz.	
Sauerstoff	= 17,4 pCt.	Sauerstoff	= 12,0 pCt.
Kohlensäure	= 15,6 pCt.	Kohlensäure	= 22,4 pCt.

Es ergibt sich also eine kleine Steigerung des Sauerstoffgehaltes von 17,3 auf 17,4 im arteriellen Blute.

Dieser innerhalb der Fehlergrenzen liegende Werth ist jedoch eher etwas grösser anzunehmen, da ja durch den ersten Doppeladerlass von 70—80 Ccm. der Hämoglobingehalt des Blutes abgenommen hatte und somit der Sauerstoffgehalt des Blutes unter normalen Umständen eher hätte etwas geringer ausfallen müssen. In beiden Blutportionen finden wir eine ganz bedeutende Abnahme des Kohlensäuregehaltes.

Versuch 3. Apnoë.

Nachdem die Ventilation wieder begonnen und 15 Minuten gedauert hatte, wurde ein 3. Doppeladerlass gemacht, wozu diesmal die Arteria und die Vena femoralis derselben Seite benutzt wurden. Die Analysen ergaben:

Arteria fem.		Vena fem.	
Sauerstoff	= 17,9 pCt.	Sauerstoff	= 4,6 pCt.
Kohlensäure	= 17,5 pCt.	Kohlensäure	= 33,9 pCt.

Also eine Steigerung des Sauerstoffgehaltes um 0,5 pCt. in der Arterie. In der Vene dagegen ergibt sich ein enorm niedriger Sauerstoffgehalt, bei fast normaler Kohlensäure, welcher bedeutende Sauerstoffverbrauch sich aber sehr leicht erklären lässt durch die in diesem Schenkel behinderte Blutcirculation, da ja dieselbe nur durch Anastomosen unterhalten werden konnte. Was uns mehr interessirt, ist der Sauerstoffgehalt in der Arterie, denn eine Zunahme desselben um 0,5 pCt. ist bei arteriellem Blute, welches ja erfahrungsgemäss, was den Sauerstoff betrifft, bei ein und demselben Individum sehr geringen Schwankungen unterworfen ist, doch nicht mehr als Beobachtungsfehler anzusehen. Als wesentliches Resultat dieser Versuchsserie haben wir also zu constatiren: wahrscheinlich eine Steigerung des Sauerstoffgehaltes im arteriellen Blute während der Apnoë. Noch deutlicher zeigt sich dies in der nächsten Serie.

Serie II.

Die Versuche wurden ebenso wie die vorigen angestellt; nur war die Anordnung derselben diesmal etwas verändert, indem an Stelle des zweiten Apnoëversuchs ein normaler Aderlass substituirt wurde, nachdem sich das Thier wieder vollständig erholt hatte. Dadurch, dass wir nun zwei normale Athmungen mit der dazwischenliegenden Apnoë vergleichen können, sind wir in den Stand gesetzt, auch auf kleinere Differenzen im Gasgehalte einen grösseren Werth zu legen.

Versuch 4. Normale Athmung.

Dem Hund wurde zuerst eine Trachealfistel angelegt und Arteria femoralis und Vena jugularis präparirt, um, wie vorher, gleichzeitig zwei Blutportionen aus der Arterie und mittelst des Herzkatheters aus dem rechten Herzen auffangen zu können. Die Gasanalyse des ersten Doppeladerlasses bei normaler Athmung ergab:

Arteria fem.		Rechtes Herz.	
Sauerstoff:	15,4 pCt.	Sauerstoff:	9,5 pCt.
Kohlensäure:	32,4 pCt.	Kohlensäure:	34,0 pCt.

Dabei war die Temperatur des Thieres im Anus = 39,4°.

Versuch 5. Apnoë.

Nun wurde diesmal 50 Minuten ventilirt, also viel länger, wie bei der vorigen Serie, und darauf ein Doppeladerlass gemacht bei einer Temperatur = 38,5°, dessen Gase waren:

Arteria fem.		Rechtes Herz.	
Sauerstoff:	15,9 pCt.	Sauerstoff:	9,1 pCt.
Kohlensäure:	13,1 pCt.	Kohlensäure:	22,3 pCt.

Dann wurde die Ventilation unterbrochen und die erste jedoch erfolglose Athemzuckung nach 4 Sekunden beobachtet. Darauf folgten noch mehrere vereinzelte ganz flache Zuckungen der Respirationsmuskeln bis nach 1 Minute 45 Sekunden eine leichte zusammenhängende Athmung begann, die allmälig in den normalen Typus überging. Die Farbe des arteriellen Blutes war, wenn auch wenig, so doch merklich heller roth als bei Versuch (4), wovon sich sowohl Geh. Rath Pflüger als Dr. Zuntz und Dr. Strassburg mit mir überzeugten.

Versuch 6. Normale Athmung.

Es wurde nun dem Hunde eine volle Stunde Zeit zur Erholung gelassen, bis er wieder vollständig normal athmete; darauf ein arterieller Aderlass gemacht. Dabei war die Temperatur des Thieres = 38.5°. Die Analyse der ausgepumpten Gase ergab:

Arteria fem.

Sauerstoff: 15,3 pCt.

Kohlensäure: 28,3 pCt.

Aus dieser Versuchsreihe ergibt sich nun aufs Deutlichste vor Allem eine bedeutende Abnahme der Kohlensäure während der Apnoë, und zwar im arteriellen Blut von 19,3 pCt. und im Venenblut von 11,7 pCt. Ferner constatiren wir diesmal wieder eine entschiedene Zunahme des Sauerstoffs in der Arterie, indem die Differenz zwischen erster normaler Athmung und Apnoë wieder 0,5 pCt. beträgt, während der Sauerstoffgehalt in der zweiten normalen Athmung auf den ersten Werth heruntergeht, ja sogar etwas tiefer zu stehen kommt, was wahrscheinlich eine Folge der Verminderung des Hämoglobingehaltes ist. Dazu kommt noch, dass die Farbe des arteriellen Blutes während der Apnoë entschieden heller war, als bei normaler Athmung, welche Farbendifferenz doch als sehr empfindliches Reagens auf Zunahme des Sauerstoffs angesehen werden muss. Drittens finden wir diesmal, also bei längerem Ventiliren, in der Vene eine kleine Verminderung des Sauerstoffs, auf welche ich später noch zu sprechen kommen werde.

Da es zunächst von Interesse war weiter zu untersuchen, wie sich der Sauerstoffgehalt im Arterienblute in der Apnoë verändere, so wurden in der Folge einige Versuche mit nur arteriellen Aderlässen angestellt, bei denselben aber eine etwas grössere Blutportion aufgefangen, um von jedem Aderlasse immer eine Portion

wie früher durch einfaches Auspumpen auf ihren Gasgehalt zu prüfen, eine andere dagegen vor dem Auspumpen längere Zeit, $^1/_4 - ^1/_2$ Stunde, bei der jedesmal notirten Bluttemperatur, mit atmosphärischer Luft zu schütteln, um vergleichen zu können, bis zu welchem Grade sich das arterielle Blut bei der Apnoë mit Sauerstoff gesättigt hätte.

Bei den vorhergehenden Versuchen war es uns störend entgegengetreten, dass die Thiere nach der Tracheotomie sich sehr schwer beruhigen liessen. Sie machten häufige forcirte Athembewegungen und heftige Bewegungen mit den Extremitäten, in Folge der Reizung der Trachea, die theils durch die Canüle, theils durch in den oberen Abschnitt der Trachea geflossenes Blut, hervorgerufen wurde. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurden bei dem nächsten Versuche die beiden Nervi laryngei infer. durchschnitten. Dieses Mittel zeigte sich in seiner Wirkung vollständig so wie erwartet, indem sich nach erfolgter Durchschneidung der Laryngei das Thier sehr schnell beruhigte.

Serie III.

Nachdem der Hund, ein durch reichliche Fleischkost gut genährtes mittelgrosses Thier, aufgebunden und die Arteria fem. präparirt war, wurde ihm etwa eine halbe Stunde Zeit gelassen, bis er sich vollständig beruhigt hatte und sich die durch das Sträuben beim Aufbinden und Operiren jedenfalls hervorgebrachten Differenzen im Blutgasgehalte, wahrscheinlich wieder ausgeglichen hatten.

Versuch 7. Normale Athmung.

Dann wurde ihm aus der Arteria fem. ein Aderlass von 65 Cubikcentimetern gemacht, wobei eine Temperatur im Anus von 37,2° C. vorhanden war. 25 Cubikcentimeter wurden wie gewöhnlich einfach ausgepumpt und der Rest des Blutes vor dem

Entgasen im Wasserbade, das constant auf der Temperatur 37,2° erhalten wurde, eine halbe Stunde mit atmosphärischer Luft geschüttelt. Die Gase waren:

Portion I.	Port. II mit O gesättigt.
Sauerstoff: 15,8 pCt.	Sauerstoff: 17,0 pCt.
Kohlensäure: 35,1 pCt.	Kohlensäure: 30,5 pCt.

Nun wurde die Trachealfistel angelegt und die beiden N. N. laryngei infer. durchschnitten.

Versuch 8. Apnoë.

Nach einer Ventilation von 55 Minuten wurde bei einer Temperatur = 36,7° (im Anus) ein Aderlass von 70 Cubikcentimetern gemacht, davon 25 Cubikcentimeter ohne Weiteres ausgepumpt, der Rest bei 36,7° mit Luft geschüttelt und dann entgast.

Portion I.	Port. II. Gesättigt
Sauerstoff: 16,4 pCt.	Sauerstoff: 16,75 pCt.
Kohlensäure: 12,9 pCt.	Kohlensäure: 12,85 pCt.

Nach dem Aderlasse wurde die Ventilation unterbrochen und nach 30 Secunden die erste Athemzuckung notirt. Regelmässige Athmung begann erst 3 Minuten nach dem Ende der Ventilation. Die Farbe des Blutes bei der Apnoë war wesentlich heller, als bei dem ersten Aderlass, wovon sich Dr. Zuntz und Dr. Strassburg mit mir überzeugten. Die beiden Herren waren vollkommen unbefangen in der Beurtheilung, indem ich ihnen nicht mitgetheilt hatte, welche von beiden Blutportionen die apnoische und welche die normale war.

Wir finden hier eine Zunahme des Sauerstoffs um 0,6 pCt. und eine nahezu vollständige Sättigung des Blutes mit Sauerstoff, indem die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des wirklich gesättigten und dem des apnoischen nur 0,35 pCt. beträgt; ferner die ganz bedeutende Abnahme der Kohlensäure um 22,2 pCt., die selbst durch das heftige Schütteln beim Sättigen mit Sauerstoff kaum weiter vermindert wurde.

Versuch 9. Normale Athmung.

Nun wurde dem Thiere 50 Minuten Zeit gelassen, um sich vollkommen zu erholen und dann ein arterieller Aderlass gemacht bei einer Temperatur = 37,0°. Die Gase waren:

Arteria fem. Normale Athmung.
Sauerstoff: 15,7 pCt.
Kohlensäure: 26,35 pCt.

Das Blut war wieder dunkler als bei Versuch 8, und übereinstimmend damit der Sauerstoffgehalt gesunken, denn er hatte wieder seinen ersten normalen Werth erreicht, während die Kohlensäure, trotz der Ruhe von fast einer Stunde, hinter dem ersten Werth von 35,1 pCt. noch um 8,75 pCt. zurückgeblieben war.

Versuch 10. Apnoë.

Es wurde nun wieder 32 Minuten lang ventilirt und dann bei der Bluttemperatur von 36,1° ein arterieller Aderlass gemacht, dessen Blut wiederum heller war als bei Versuch 9. In Uebereinstimmung damit ergaben sich die Blutgase:

Arterie fem. Apnoë.
Sauerstoff: 16,6 pCt.
Kohlensäure: 14,4 pCt.

Also eine Sauerstoffzunahme von 0,9 pCt. und ein Sinken der Kohlensäure von 26,35 auf 14,4, also um 11,95 pCt. 8 Sekunden nach dem Aufhören der Ventilation zeigte sich ein leises Zittern der Respirationsmuskeln, aber offenbar ohne Effect. Nach 45 Sekunden begann eine ziemlich regelmässige Athmung.

Aus den Zahlen dieser Serie von 4 Versuchen müssen wir mit Entschiedenheit behaupten, dass im arteriellen Blute während der Apnoë der Sauerstoffgehalt zunimmt. Denn während in der ersten Apnoë der Sauerstoff um 0,6 pCt. steigt, fällt er bei der zweiten normalen Athmung wieder um 0,7 pCt., um dann in der zweiten Apnoë abermals um 0,9 pCt. zu steigen; ein Resultat, welches doch nicht auf zufälligen Schwankungen beruhen kann.

Es folgen nun noch zwei Serien, welche die fast vollständige Sättigung des apnoischen Arterienblutes mit Sauerstoff beweisen sollen. Es wurden dabei, wie auch bei der eben beschriebenen Serie, von demselben Aderlasse immer eine Portion gleich ausgepumpt, die andere

aber durch Schütteln bei Luftzutritt mit Sauerstoff gesättigt.

Serie IV.

Diese Serie fiel der Zeit nach vor die Serie III, und hauptsächlich durch die dabei gemachten Erfahrungen waren wir darauf gekommen die Nervi laryngei infer. zu durchschneiden: denn das Versuchsthier, ein kleiner Hund, machte nach der Tracheotomie solche forcirte und beschleunigte Athembewegungen, dass es sich offenbar dadurch allein schon in einen nahezu apnoischen Zustand versetzte, was auch die unten folgenden Gasanalysen bestätigen. Das Thier athmete so unruhig, dass wir uns damit begnügten, ohne vorher zu ventiliren, einen Aderlass zu machen, dessen Blutgase ich in Folgendem wiedergebe.

Versuch 11.

Aderlass aus der Arteria fem. von 65 Cubikcentimentern. 25 Cubikcentimeter davon wurden direct ausgepumpt, der Rest bei Bluttemperatur mit Luft geschüttelt.

Port. I.		Port. II. Gesättigt.	
Sauerstoff:	15,45 pCt.	Sauerstoff:	15,9 pCt.
Kohlensäure:	14,4 pCt.	Kohlensäure:	6,7 pCt.

Also eine Differenz im Sauerstoffgehalte von nur 0,45 pCt., d. h. eine fast vollkommene Sättigung des Apnoëblutes mit Sauerstoff, und ein relativ sehr niedriger Kohlensäuregehalt von 14,4 pCt.

Als streng beweisend für die Verhältnisse bei der Apnoë können wir natürlich diesen Versuch nicht ansehen, da wir ja nur mit grosser Wahrscheinlichkeit voraussetzen konnten, dass ein dem apnoischen ähnlicher Zustand hier vorlag. Wenn wir aber die Resultate desselben mit denen des vorhergehenden und des folgenden Versuches vergleichen, so kommen wir doch zur Ueberzeugung,

dass, bei der geringen Kohlensäuremenge von 14,4 pCt., bei der fast vollständigen Sättigung mit Sauerstoff, ein Zustand vorhanden gewesen sein muss, der, was die Blutgase betrifft, wesentlich von dem normalen abweicht und vollständig die gleichen Resultate liefert wie die übrigen Apnoëversuche, so dass ich diesen Versuch doch wenigstens als Bestätigung meiner Versuche mit veröffentlichen wollte. Es ist ja auch von Interesse zu erfahren, wie weit sich ein Thier durch forcirte Athmung schon selbst in einen apnoischen Zustand bringen kann, d. h. wie weit dadurch die Kohlensäure aus dem Blute ausgetrieben und die Sättigung mit Sauerstoff erreicht werden kann. Leider hatten wir versäumt vor der Tracheotomie einen vollständig normalen Aderlass zu machen um directe Vergleichungen anstellen zu können.

Die nächste Serie dagegen weist evident nach, dass das arterielle Blut in der Apnoë bis zur Sättigung mit Sauerstoff gebracht werden kann.

Serie V.

Da es uns darauf ankam dem Thiere, einem grossen Hunde, vor dem eigentlichen Apnoëversuch möglichst wenig Blut abzuzapfen, so unterliessen wir auch hier vor der Tracheotomie, einen normalen Aderlass zu machen. Es hatte ja auch ein solcher gar keine Bedeutung, da es nur darauf ankam, möglichst genau den Grad der Sättigung mit Sauerstoff während der Apnoë zu prüfen.

Versuch 12. Apnoë.

Nach einer Ventilation von 21 Minuten wurde ein grosser Aderlass von 150 Cubikcentimetern gemacht, bei einer Temperatur des Blutes von 38,2°. Dann wurde eine Portion direct ausgepumpt, eine andre bei 38,2° gesättigt und, da wir noch Blut

übrig hatten, wurde zur Controle noch eine dritte Portion ebenso mit Sauerstoff gesättigt. Die Gase waren:

Port. I.		Port. II. Gesättigt.	
Sauerstoff:	13,4 pCt.	Sauerstoff:	13,6 pCt.
Kohlensäure:	6,5 pCt.	Kohlensäure:	5,9 pCt.

Port. III. Gesättigt.
Sauerstoff: 13,6 pCt.
Kohlensäure: 6,2 pCt.

Dieses Resultat ist eines der eclatantesten, die ich gefunden habe, denn erstens ist hier eine vollständige Sättigung des arteriellen Blutes erreicht, da die Differenz von 0,2, als innerhalb der Fehlergrenzen, nicht in Anschlag gebracht werden kann, und dann begegnen wir hier einem Kohlensäurewerthe von 6,5 pCt., der so niedrig ist, wie er bis jetzt wohl kaum beobachtet wurde, indem fast alle sogenannte locker gebundene Kohlensäure schon durch die Ventilation entfernt wurde. Die Apnoë hielt indessen merkwürdiger Weise nicht so lange an, als man nach diesen Zahlen erwarten konnte, denn schon nach 6 Secunden war eine leise Athemzuckung zu bemerken, und nach 20 Secunden eine schwache Respiration.

Stellen wir die Resultate in Bezug auf den Sauerstoffgehalt im arteriellen Blut während der Apnoë nochmals zusammen:

Versuchs-Nro.		Respirationszustand.	Sauerstoffgehalt des Arterienblutes.	Differenz.
Serie I,	1.	Normale Athmung	17,3 pCt.	
	2.	Apnoë	17,4 »	+ 0,1
	3.	Apnoë	17,9 »	+ 0,6
Serie II,	4.	Normale Athmung	15,4 pCt.	
	5.	Apnoë	15,9 »	+ 0,5
	6.	Normale Athmung	15,3 »	— 0,6
Serie III,	7.	Normale Athmung	15,8 pCt.	
	8.	Apnoë	16,4 »	+ 0,6
	9.	Normale Athmung	15,7 »	— 0,7
	10.	Apnoë	16,6 »	+ 0,9

Aus dieser Tabelle scheint mir zur Genüge hervorzugehen, dass der Sauerstoffgehalt während der Apnoë im arteriellen Blute vermehrt ist. Zu demselben Resultate kommen wir bei nochmaligem Ueberblicke über die Sättigungsversuche.

Versuchs-Nro.	Respirationszustand.	Sauerstoffgehalt der ungesättigten Portion.	Sauerstoffgehalt der mit Sauerstoff gesättigten Portion.	Differenz der Sauerstoffgehalte.
Serie III, 7.	Norm. Athmung	15,8 pCt.	17,0 pCt.	1,2 pCt.
8.	Apnoë	16,4 »	16,75 »	0,35 »
Serie IV, 11.	Apnoë (?)	15,45 pCt.	15,9 pCt.	0,45 pCt.
Serie V, 12.	Apnoë	13,4 pCt.	13,6 pCt.	0,2 pCt.

Hieraus ergibt sich eine nahezu vollständige Sättigung des arteriellen Blutes mit Sauerstoff während des apnoischen Zustandes.

Als drittes Resultat aus den über arterielles Blut angestellten Versuchen wäre nun noch das Verhalten der Kohlensäure zu bemerken. Zur besseren Uebersicht seien die darauf bezüglichen Zahlen in folgender Tabelle nochmals zusammengestellt:

Versuchs-Nro.	Respirationszustand.	Kohlensäuregehalt des arteriellen Blutes.	Differenz.	Bemerkungen.
Serie I, 1.	Norm. Athm.	33,4 pCt.		
2.	Apnoë	15,6 »	— 17,8 pCt.	20 Min. vent.
3.	Apnoë	17,5 »	— 15,9 »	15 » »
Serie II, 4.	Norm. Athm.	32,4 pCt.		
5.	Apnoë	13,1 »	— 19,3 pCt.	50 Min. vent.
6.	Norm. Athm.	28,3 »	+ 15,2 »	60 Min. z. Erhol.
Serie III, 7.	Norm. Athm.	35,1 pCt.		
8.	Apnoë	12,9 »	— 22,2 pCt.	55 Min. vent.
9.	Norm. Athm.	26,35 »	+ 13,45 »	50 Min. z. Erhol.
10.	Apnoë	14,4 »	— 11,95 »	32 Min. vent.
Serie V, 12.	Apnoë	6,5 pCt.		21 Min. vent.

Wir sehen also, dass der Kohlensäuregehalt sehr rasch und sehr bedeutend bei der Ventilation abnimmt, dass er aber nach Unterbrechung derselben, wie aus Serie II und III ersichtlich ist, nur langsam wieder den ersten Werth erreicht; denn in beiden Serien war er, nachdem das Thier etwa eine ganze Stunde zur Erholung gehabt hatte, immer noch um mehrere Procente, in Serie III sogar um 8,75 pCt. unter dem normalen Werthe zurückgeblieben.

Zu wesentlich anderen Resultaten führten nun die ähnlich angestellten Versuche mit venösem Blute, woran sich solche über die Dyspnoë von vorher apnoisch gemachten Thieren anschliessen.

In Versuch 5 war mir die merkwürdige Thatsache aufgefallen, dass während der Apnoë der Sauerstoffgehalt im venösen Blute abgenommen hatte. Um mich nun zu versichern, dass dies nicht eine zufällige Verminderung sei, machte ich einige Versuche mit nur venösen Aderlässen, die wie früher mit dem Herzkatheter aus dem rechten Herzen entnommen wurden.

Serie VI.

Versuch 13. Normale Athmung.

Bei einem mittelgrossen Hunde wurde die Vena jugul. präparirt, darauf dem Thiere Zeit gelassen, sich vollkommen zu beruhigen, dann der Herzkatheter eingeführt und bei natürlicher Athmung ein Aderlass aus dem rechten Herzen von 40 Cubikcentimetern gemacht, dessen Blutgase die folgenden waren:

Normale Athmung. Rechtes Herz.

Sauerstoff: 6,7 pCt.

Kohlensäure: 33,3 pCt.

Versuch 14. Apnoë.

Hierauf wurde die Trachealfistel angelegt und die Temperatur im Anus des Thieres = 39,6° notirt. Nach 48 Minuten dau-

ernder Ventilation erfolgte ein Aderlass von 150 Cubikcentimetern aus dem rechten Herzen, worauf die Ventilation unterbrochen wurde. 2 Portionen des aufgefangenen Blutes wurden einfach entgast, eine 3. nach vorheriger Sättigung mit Sauerstoff. Die Gase waren:

Port. I.		Port. II.	
Sauerstoff:	5,8 pCt.	Sauerstoff:	5,5 pCt.
Kohlensäure:	13,9 pCt.	Kohlensäure:	13,9 pCt.

Port. III. Gesättigt.
Sauerstoff: 12,1 pCt.
Kohlensäure: 9,4 pCt.

Nach unterbrochener Ventilation machte das Thier die erste Athembewegung nach 1 Min. 30 Sek., worauf während $4^1/_2$ Min. fast absolute Ruhe eintrat; dann folgten von Zeit zu Zeit leichte Athembewegungen und etwa 10 — 11 Min. nach Aufhören der Ventilation konnte die Athmung wieder normal genannt werden.

Wir haben also hier eine Bestätigung des merkwürdigen Resultates, dass während der Apnoë im venösen Blute der Sauerstoff nicht wie im arteriellen vermehrt, sondern ganz wesentlich vermindert ist, und zwar in diesem Versuche um 0,9, also beinahe ein ganzes Procent. Da mir diese Erscheinung zu wichtig schien, um aus zwei Beobachtungen schon Schlüsse zu ziehen, wurden noch zwei weitere Versuchsreihen in gleicher Weise angestellt.

Serie VII.

Versuch 15. Normale Athmung.

Nachdem die Ven. jugul. präparirt und der Hund beruhigt war, wurde aus dem rechten Herzen ein Aderlass von 40 Cubikcentimetern bei normaler Athmung gemacht, dessen Gase waren:

Rechtes Herz. Norm. Athmung.
Sauerstoff: 13,5 pCt.
Kohlensäure: 34,1 pCt.

Versuch 16. Apnoë.

Es wurde die Tracheotomie gemacht und die Ventilation bei einer Temperatur des Thieres von 37,8° begonnen. Nach 41 Min.

war die Temperatur auf 36,3° gefallen. Nach 49 Min. wurde während der Ventilation ein Aderlass von 140 Cubikcentimetern gemacht, von dem 2 Portionen einfach, eine 3. nach vorausgegangener Sättigung mit Sauerstoff entgast wurden. Die Analyse ergab:

Port. I.	Port. II.
Sauerstoff: 9,6 pCt.	Sauerstoff: 9,7 pCt.
Kohlensäure: 16,6 pCt.	Kohlensäure: 17,8 pCt.

Port. III. Gesättigt.
Sauerstoff: 20,2 pCt.
Kohlensäure: 14,0 pCt.

Darauf wurde die Ventilation unterbrochen und der Verlauf der Apnoë folgendermassen notirt:

Nach 37 Sek. eine ganz leise Vibration des Thorax; nach 1 Min. eine flache Athembewegung: nach 1 Min. 50 Sek. einige flache aber deutliche Athembewegungen; nach 1 Min. 55 Sek. erster tiefer Athemzug: bis 5 Min. keine Athembewegungen mehr, dann einige Zeit ganz oberflächliche Athemzüge, die etwa nach 7 Min. als normale Athmung bezeichnet werden konnten. Die Temperatur des Thieres war 36,3° geblieben. Die Differenz der Kohlensäurewerthe der beiden Controlanalysen ist dadurch entstanden, dass das eine Gas nicht sorgfältig genug getrocknet war.

Versuch 17. Apnoë.

Es wurde wieder künstliche Respiration eingeleitet und nach 50 Min. ein 3. Aderlass gemacht von 40 Cubikcentimetern und zwar während weiter ventilirt wurde. Die Gase waren:

Sauerstoff: 4,6 pCt.
Kohlensäure: 17,5 pCt.

Versuch 18. Apnoë.

Sofort nach dem vorigen Aderlasse wurde die Ventilation unterbrochen, durch Abschneiden des zum Blasebalg führenden Gummischlauches und nach 40 Sek., während welcher Zeit das Thier noch keine Athembewegung gemacht hatte, ein 4. Aderlass von 40 Cubikcentimetern gemacht. Auch während des Aderlasses lag das Thier ruhig da, ohne zu respiriren. Seine Temperatur war inzwischen gesunken auf 34,5°. In der Farbe des Blutes der beiden letzten Aderlässe, also desjenigen während der Ventilation und desjenigen während des darauffolgenden eigentlich apnoischen Stadiums, war kaum ein Unterschied wahrzu-

nehmen. Die Farbe des letzteren war eine Spur dunkler und übereinstimmend damit, ergab die Analyse auch den sehr wenig differenten Gasgehalt von:

Sauerstoff: 4,0 pCt.
Kohlensäure: 18,3 pCt.

Es ergab sich also nur eine Abnahme des Sauerstoffs von 0,6 pCt., was zu dem Glauben verleiten könnte, dass der Sauerstoffverbrauch während der Apnoë ganz bedeutend herabgesetzt sei. Doch davon später. Das uns hier hauptsächlich interessirende Resultat ist vollkommen wie erwartet ausgefallen, indem wir in der ersten Apnoë eine Abnahme des Sauerstoffs von 3,9 pCt., und in der zweiten Apnoë eine weitere Abnahme von 5,0 pCt. finden. Wir haben in Versuch 16 einen Sauerstoffgehalt von nur 9,6 pCt., während doch die vorgenommene Sättigung nach unsern früheren Versuchen auf einen Gehalt von etwa 20 pCt. Sauerstoff im arteriellen Blute hinweist, was also die grosse Differenz von etwa 10 pCt. zwischen dem Sauerstoffgehalte des Arterien- und Venenblutes ergibt.

Den Resultaten der beiden letzten Serien gegenüber könnte nun der Vorwurf gerechtfertigt scheinen, dass die bedeutende Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes auf den grossen Blutverlust und den dadurch hervorgebrachten geringen Hämoglobingehalt zurückzuführen sei, obgleich nach den bisherigen Erfahrungen nicht allzu kleine Hunde ganz gut Aderlässe von 150 Ccm. ertragen können, ohne eine bedeutende Aenderung des Gasgehaltes zu zeigen. Um jedoch gegen diesen Einwurf sicher zu sein, stellten wir nochmals einen ähnlichen Versuch an wie die beiden letzten, und zwar diesmal mit so kleinen Aderlässen, als es eine genaue Bestimmung der Blutgase nur erlaubte.

Serie VIII.

Versuch 19. Normale Athmung.

Dem Hunde wurde mit möglichster Vorsicht die Vena jugul. präparirt und der Aderlass aus dem rechten Herzen erst gemacht, nachdem das Thier vollkommen beruhigt war und längere Zeit normal geathmet hatte. Es wurden nur 40 Cubikcentimeter entnommen. Dabei eine Temperatur = 38,9° notirt. Die Gase waren:

Rechtes Herz. Normale Athmung.
Sauerstoff: 7,3 pCt.
Kohlensäure: 35,5 pCt.

Versuch 20. Apnoë.

Nachdem die Tracheotomie gemacht war, wurde mit der Ventilation begonnen, während welcher die Temperatur von 38,9° auf 34,4° sank. Nachdem 56 Min. ventilirt worden war, wurde ein 2. Aderlass von 40 Cubikcentimetern gemacht. Dabei wurde die Ventilation ununterbrochen fortgesetzt. Die Gase desselben waren:

Sauerstoff: 5,1 pCt.
Kohlensäure: 14,6 pCt.

Versuch 21. Trachealverschluss nach der Apnoë.

Nach beendigtem Aderlass wurde die Ventilation durch Verschluss der Trachea unterbrochen und 40 Sek. nachher ein 3. Aderlass gemacht von ebenfalls 40 Cubikcentimetern, dessen Gase bestanden aus:

Sauerstoff: 4,7 pCt.
Kohlensäure: 15,4 pCt.

Das Blut des letzten Aderlasses war im Vergleich zu dem vorhergehenden eine Spur, aber kaum wahrnehmbar, dunkler.

Wir haben in dieser Serie eine vollständige Bestätigung des vorher Gefundenen, und zwar mit Ausschluss grösserer Blutverluste; denn Aderlässe von 40 Ccm. haben höchstens Einfluss auf die Zehntel Procente, können aber nicht zur Erklärung der Differenz von 2,2 pCt. heran gezogen werden, die wir diesmal wieder in dem Sauerstoffgehalte zwischen dem normalen und apnoischen Ve-

nenblute finden. Ferner ergibt sich abermals eine kaum erwähnenswerthe Abnahme des Sauerstoffgehaltes, nachdem die Trachea schon 40 Secunden vollständig zugeklemmt war.

Um einen Ueberblick zu gewinnen über die Versuche mit venösem Blute sind die Resultate nochmals in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Versuchs-Nr.	Respirations-Zustand.	Sauerstoffgehalt des Venenblutes.	Differenz.
Serie I, 1.	Normale Athm.	11,7 pCt.	
2.	Apnoë	12,0 »	+ 0,3 pCt.
Serie II, 4.	Normale Athm.	9,5 pCt.	
5.	Apnoë	9,1 »	— 0,4 pCt.
Serie VI, 13.	Normale Athm.	6,7 pCt.	
14.	Apnoë	5,8 — 5,5 »	— 0,9 — — 1,2 pCt.
Serie VII, 15.	Normale Athm.	13,5 pCt.	
16.	Apnoë	9,6 — 9,7 »	— 3,9 — — 3,8 pCt.
17.	Apnoë	4,6 »	— 8,9 »
Serie VIII, 19.	Normale Athm.	7,3 pCt.	
20.	Apnoë	5,1 »	— 2,2 pCt.

Da bei sämmtlichen Versuchen mit venösen Aderlässen die Temperatur des Thieres in Folge der starken Ventilation herabgesetzt wurde, ja einmal sogar um beinahe 5° C. sank, so lag der Einwurf sehr nahe, dass sich das auffallende Resultat des verminderten Sauerstoffgehaltes allein auf die bedeutend herabgesetzte Temperatur zurückführen lasse, als bedingt durch eine Erhöhung der Oxydationsprocesse, die durch Reflexacte, welche das Erhalten einer constanten Temperatur bezweckten, eingeleitet wurde. Um über diesen Punkt Sicherheit zu erhalten, wurde noch eine Serie von venösen Aderlässen gemacht, bei welchen mit grosser Sorgfalt darauf geachtet wurde, dass die Temperatur des Thieres während der

Apnoë constant blieb. Es wurde dies dadurch erreicht, dass die Versuche in einem geheizten Zimmer (Temperatur = 26,5° C.) angestellt wurden, dass ferner die Abkühlung der Haut noch dadurch verhindert wurde, dass das Thier mit erwärmten, häufig erneuten Wattetafeln bedeckt war.

Die bei diesen Versuchen, deren Ausführung im Uebrigen wie früher geschah, erhaltenen Zahlen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Versuchs-Nro.	Respirationszustand.	Sauerstoff pCt.	Kohlensäure pCt.	Differenz der Sauerstoff- pCt.	Temp. d. Thieres in ano.	Bemerkungen.
Serie IX. 22.	Norm. Athm.	8,1	36,8		39,1°	
23.	Apnoë	5,6	20,25	— 2,5	39,2°	Vent. hatte 42 Min. gedauert.
24.	Norm. Athm.	6,4	30,9	+ 0,8	38,6°	1 St. 17 Min. Zeit zur Erholung.
25.	Apnoë	2,25	23,7	— 4,15	38,7°	Vent. hatte 1 St. 18 Min. gedauert.

Also trotzdem, dass es uns gelang, die Temperatur constant zu erhalten, finden wir wieder dasselbe Resultat, ja sogar in ganz eclatanter Weise.

Da die Zahl der Versuche eine hinreichend grosse ist, so glaube ich, dass durch dieselben zur Genüge die Veränderung der Venenblutgase bei der Apnoë dargethan ist; denn die Differenzen fallen, vielleicht mit Ausnahme des ersten Versuchs, alle in gleichem Sinne aus und sind zum Theil so bedeutend, wie z. B. in Serie VII, VIII und IX, dass an zufällige Schwankungen (wie sie ja unter Anderm durch starke Bewegung der Extremitäten erfahrungsgemäss hervorgebracht werden können), hier nicht zu denken ist, und zwar um so weniger, als die

Thiere während der Apnoë immer vollkommen ruhig dalagen und demnach eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs durch Muskelaction ausgeschlossen ist.

Ich möchte jetzt zurückkommen auf die beiden Schlussversuche der beiden letzten Serien. Es handelte sich dort um einen Vergleich der Aderlässe, die während der wirklich apnoischen Zeit unternommen wurden, so lange das Thier nach unterbrochener Ventilation ohne Respirationsbewegung dalag, mit denjenigen, die kurz vorher bei noch fortdauernder Ventilation gemacht wurden. Den Verhältnissen bei normaler Respiration entsprechend sollte man erwarten, dass in der Zeit von 40 Secunden, die wir nach Unterbrechung der Ventilation verstreichen liessen, ehe wir den Aderlass begannen, der Sauerstoff fast auf Null reducirt sein würde, und hier finden wir im Gegentheil kaum eine Veränderung des Gasgehaltes, nämlich eine kleine Abnahme des Sauerstoffs bei einer eben so kleinen Zunahme der Kohlensäure. In folgender Tabelle habe ich die beiden Versuche zusammengestellt.

Versuchs-Nro.	Sauerstoff-pCt. bei fortdauernder künstlicher Respiration.	Sauerstoff-pCt. 40 Sec. nach Unterbrechung der Ventilation.	Differenz.
Serie VII, 17, 18.	4,6	4,0	— 0,6
SerieVIII, 20, 21.	5,1	4,7	— 0,4

Diese Versuche veranlassten mich zu weiteren Experimenten, durch welche bestimmt werden sollte, um wieviel länger nach Tracheaverschluss ein apnoisches Thier bis zur beginnenden Erstickung, d. h. der Schwärzung des Arterienblutes aushält, als dies unter normalen Respirationsverhältnissen geschieht.

Serie X.

Einem kleinen Hunde wurde die Arteria fem. präparirt, die Tracheotomie ausgeführt und da das Thier sehr unruhig war, die laryngei. infer. durchschnitten. Nachdem sich das Thier beruhigt hatte, wurden die verschiedenen Aderlässe gemacht, bei denen der jedesmalige Blutverlust höchstens 5—10 Cubikcentimeter betrug, und zwar in folgender Weise. Mit der kleinen Kanüle, die in die Arteria eingebunden war, setzten wir durch einen dünnen, etwa 5 Centimeter langen Gummischlauch ein Uförmiges, aus ganz dünnem Glase gearbeitetes Glasröhrchen, etwa von dem Durchmesser der Arteria, in Verbindung, welches auf der andern Seite wieder mit einem kleinen Stückchen Gummischlauch versehen war. Das Glasröhrchen wurde in ein Becherglas mit klein geklopftem Eise versenkt, jedoch so, dass wenigstens einer der vertikalen Schenkel dicht an der Wand des Becherglases anlag, damit in ihm die Farbenvergleichungen angestellt werden konnten. Die beiden Stückchen Gummischlauch waren mit Quetschhähnen versehen, welche sofort nach dem Aderlasse verschlossen wurden, so dass das Blut in den Röhrchen gar nicht in Berührung mit der atmosphärischen Luft gekommen war. Natürlich wurde das mit Blut gefüllte Glasröhrchen aufbewahrt und bei jedem Versuche ein neues gefüllt, so dass wir am Ende der Versuchsserie die sämmtlichen Blutproben untereinander auf ihre Farbe vergleichen konnten. Da die Versuche ziemlich rasch aufeinander folgten und die Proben in Eis standen, war anzunehmen, dass keine Veränderung der Farbe stattgefunden hatte.

Versuch 26.

Zuerst wurde ein Aderlass bei normaler Respiration gemacht. Dann als:

Versuch 27.

Die Trachea verschlossen und der 2. Aderlass begonnen. Von 5 zu 5 Sec. wurden kleine Blutportionen durch das Glasröhrchen gelassen, und als sich die stärkste Dispnoë entwickelt hatte, und das Blut fast schwarz erschien, waren 52 Sec. seit dem Beginne des Aderlasses verstrichen.

Versuch 28.

Nun wurde 45 Min. lang ventilirt, und nachdem das Thier apnoisch geworden war, während fortdauernder Ventilation ein 3. Aderlass gemacht.

Versuch 29.

Die Ventilation wurde durch Verschluss der Trachea unterbrochen und ein 4. Aderlass begonnen. Nach 52 Sec., also zur Zeit, als in Versuch 27 das Thier bereits am Ersticken war, zeigte sich das Blut noch wesentlich heller und erreichte erst nach 90 Sec. die dunkle Farbe wie in Versuch 27.

Versuch 30.

Es wurde wieder 15 Min. ventilirt, dann Trachea verschlossen und ein 5. Aderlass gemacht. Dabei wurde die dunkle Farbe wie bei (27) in 65 Sec. erreicht. Das dies etwas früher eintrat als im vorhergehenden Versuche, ist leicht verständlich, da ja dort dreimal so lange ventilirt war als hier.

Versuch 31.

Nun wurde dem Thiere 35 Min. Zeit gelassen, bis es sich wieder erholt hatte und die Respiration zum normalen Typus zurückgekehrt war. Dann nach Verschluss der Trachea der 6. Aderlass begonnen und 48 Sec. nachher war das Blut so dunkel wie in (27).

Zwischen der Blutfarbe der Aderlässe (26) und (28), also zwischen dem normalen arteriellen Blute und dem des apnoischen Thieres, war diesmal kein auffallender Farbenunterschied vorhanden, obgleich uns auch wieder das Apnoëblut eine Spur heller zu sein schien.

Serie XI.

Die Versuche wurden ebenso angestellt wie die vorigen; nur begann ich diesmal mit einer Apnoëerstickung, um möglichst Blut zu sparen, denn das Thier, ein mittelgrosser Hund, sollte noch zu einem andern Versuche benutzt werden. Um dem Einwurf zu begegnen, dass der verminderte Sauerstoffverbrauch auf die durch die künstliche Respiration im kalten Raume hervorgebrachte Temperaturerniedrigung des Thieres zurückzuführen sei, wurde diesmal das Thier während der Ventilation mit häufig erneuten warmen Decken zugedeckt, und der Gummi-

schlauch, der von dem Blasebalg zur Trachea führte, in mehreren Windungen in ein Gefäss mit warmem Wasser getaucht und so die Temperatur fast constant erhalten. Sie war nur beim dritten Aderlasse wieder gesunken.

Versuch 32.

Beim Beginne des Versuchs war die Temperatur = 36,6°. Nach der Tracheotomie wurde etwa 45 — 50 Min. ventilirt, dann die Trachea verschlossen und der Aderlass aus der Arteria fem. begonnen. Dabei war die Temperatur constant = 36,6 geblieben. Nach 10 Sec. machte das Thier einen Versuch zu athmen. Nach 40 Sec. begann ein Nachlass der hell arteriellen Farbe. Nach 1 Min. 12 Sec. war die Blutfarbe venös. Nach gerade 2 Min. traten Krämpfe ein und das Blut war schwarz.

Versuch 33.

Es wurden dem Thiere 30 Min. Zeit zur Erholung gelassen, wobei die Temperatur etwas stieg, auf 36,8°. Dann wurde die Trachea zugehalten und ein neuer Aderlass gemacht. Nach 15 Sec. traten Krämpfe und Nachlass der hell arteriellen Farbe ein. Nach 35 Sec. war das Blut dunkel venös, und nach 1 Min. 15 Sec. schwarz, gleich dem in Versuch (32) nach 2 Min. aufgefangenen.

Versuch 34.

25 Min. lang wurde ventilirt; dabei sank die Temperatur auf 35,0°. Dann Verschliessung der Trachea und Beginn des Aderlasses. Nach 50 Sec. machte das Thier eine Athembewegung; nach 2 Min. 15 Sec. traten Krämpfe ein. Dabei Blut venös. Bei 2 Min. 40 Sec. war das Blut noch nicht so dunkel als am Ende von (32). Der Versuch wurde aber unterbrochen, wegen ungenügenden Fliessens des Blutes, da dieses fast momentan gerann. Auf letztere Erscheinung möchte ich überhaupt aufmerksam machen, denn schon mehrfach drängte sich mir die Beobachtung auf, dass das Blut während der Apnoë viel leichter gerinnt, als im gewöhnlichen Zustande.

Serie XII.

Diesmal wurde ein Kaninchen benutzt. Damit es bei den Versuchen gar kein Blut verlor, wurde die Carotis nur frei prä-

parirt, aber gar nicht geöffnet, um in ihr direct die Blutfarbe zu controliren. Durch sorgfältige Präparation war so viel als nur irgend möglich von den Gefässhäuten entfernt, so dass die Arterienwand fast vollkommen durchsichtig wurde und die Veränderungen der Blutfarbe sehr schön durch die Gefässwand wahrgenommen werden konnten. Wir erleichterten uns die Beobtung dadurch noch mehr, dass wir ein Stückchen schwarzes Papier unter das Gefäss legten. Nach Eröffnung der Trachea benutzten wir zur Erzeugung der Apnoë den im Anfang angegebenen Apparat.

Versuch 35.

Es wurde nach normaler Athmung die Trachea verschlossen und 7 Sec. nachher begann die Farbe des arteriellen Blutes dunkel zu werden. Nach 20 Sec. erfolgte der erste Krampfanfall. Die Temperatur war = 37,6°.

Versuch 36.

Es wurde ventilirt, bis das Thier apnoisch war, dann die Trachea zugehalten. Nach 9 Sec. Beginn der Verdunklung. Nach 22 Sec. erster Krampfanfall. Temperatur = 37,4°.

Versuch 37.

Nach Herstellung der Apnoë Verschliessung der Trachea. Nach 9 Sec. Beginn der Verdunklung. Nach 23 Sec. erster Krampfanfall. Temperatur = 37,4°.

Stellen wir die Resultate der letzten 3 Serien zusammen, so finden wir, dass ein gleicher Grad von Dispnoë erreicht wurde:

Ser.	bei Vers.							
IX.	27	nach	norm. Athm.	—	Min.	52	Sec.	nach Trachealverschl.
»	29	»	Apnoë	1	»	30	»	» »
»	30	»	»	1	»	5	»	» »
»	31	»	norm. Athm.	—	»	48	»	» »
X.	32	»	Apnoë	2	»	—	»	» »
»	33	»	norm. Athm.	1	»	15	»	» »
»	34	»	Apnoë	2	»	40	»	» »
XI.	35	»	norm. Athm.	—	»	7	»	» »
»	36	»	Apnoë	—	»	9	»	» »
»	37	»	»	—	»	9	»	» »

Wir sehen daraus, dass durchgehends nach der Apnoë eine längere Zeit verstrich, bis das arterielle

Blut venös geworden war, als nach normaler Athmung. Man könnte leicht daraus, in Uebereinstimmung mit den Resultaten von Versuch 18 und 21, den Schluss ziehen, dass der Sauerstoffverbrauch in der Apnoë vermindert sei. Nun hat aber Prof. Pflüger in bis jetzt zwar noch nicht publicirten Versuchen, deren Hauptresultat er mir aber hier anzugeben gestattete, für das Kaninchen durch directe Messungen nachgewiesen, dass der Sauerstoffverbrauch in der Apnoë absolut nicht verändert ist. Setzt man dies als sicher voraus, so lassen sich meine sämmtlichen Versuche durch die Annahme erklären, dass während der Apnoë die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes wesentlich verringert ist. Leider konnte ich die Untersuchungen, die sich direct auf die Bestimmung der Stromgeschwindigkeit während der Apnoë beziehen, noch nicht beenden, denn die bis jetzt angestellten Versuche mit der Ludwig-Dogiel'schen Stromuhr haben zu keinen Resultaten geführt, da in Folge der leichten Gerinnbarkeit des Blutes während der Apnoë immer zu früh Stockungen im Kreislauf eintraten. Direct dagegen habe ich mit dem Kymographion bestimmt, dass der Blutdruck im arteriellen System, also die vis a tergo, mithin aller Wahrscheinlichkeit nach auch die Stromgeschwindigkeit, ganz bedeutend abgenommen hat.

Versuch 38. Mit Kymographion.

Bei einem kleinen Hunde war die Tracheotomie gemacht und die Arteria fem. mit dem Kymographion verbunden. Der Blutdruck während normaler Athmung war 154 Mm. Hg. Nun wurde die Ventilation begonnen und nach 3 Min. war der Druck gefallen auf 96 Mm.; nach 4 Min. auf 83 Mm.; nach 6 Min. auf 73 Mm. Nun sank der Druck noch sehr langsam bis auf 65 Mm., die er etwa nach 15—20 Min. erreicht hatte und dann constant blieb. Nun wurde die Ventilation unterbrochen, um das Thier

zur normalen Athmung zurückkommen zu lassen. Nach 1 Min. 10 Sec. machte es die erste leise Athemzuckung; dabei war der Druck gestiegen auf 92 Mm. Nach 2 Min. machte es den ersten Athemzug, wobei der Druck wieder 101 Mm. betrug, und während die Athmung nun nach und nach wieder normal wurde, näherte sich der Druck immer mehr der normalen Höhe, die er nach 28 Min. wieder erreicht hatte. — Als ich dem Thiere dann die Trachea verschloss, fing sofort der Druck ganz bedeutend zu steigen an, und zwar mit sehr stark markirten Athemwellen. Er hatte nach 52 Sec. die Höhe von 254 Mm. erreicht, worauf er nach und nach wieder fiel und nach 3 Min. 30 Sec. bei ganz selten gewordenen Pulswellen etwa wieder auf normalen Druck gefallen war. In Folge eingetretener Gerinnung konnten wir den Versuch nicht weiter verfolgen. Bei 4 Min. 45 Sec. trat der Tod ein. Bei der am höchsten ausgebildeten Dispnoë kamen synchronisch mit den Athembewegungen Druckschwankungen von 40 Mm. vor. Bringt man diese in Anschlag, so erhalten wir etwa ein mittleres Maximum des Druckes bei der Dispnoë von 237 Mm.

Durch diesen Versuch haben wir constatirt, dass der Druck im Arteriensystem bei der Apnoë ganz bedeutend sinkt, wie wir sehen von 154 auf 65 Mm., also fast auf ein Drittel des Normalwerthes, und können wohl annehmen, dass damit auch die Stromgeschwindigkeit eine geringere geworden sein wird. Ich begnüge mich hiermit das Moment erwähnt zu haben, welches uns eine Erklärung der anscheinend sich widersprechenden Resultate meiner Versuche geben kann und verweise, was eine eingehendere theoretische Betrachtung dieser Verhältnisse betrifft, auf meine gleichzeitig in Pflüger's Archiv erscheinende Arbeit.

Da ich im Laufe meiner Untersuchungen mehrfach gleichzeitige Aderlässe aus Arterie und Vene gemacht habe, so scheint es mir von Interesse zu sein, die dabei gefundenen Zahlen mit denjenigen von Schöffer (Zeitschrift f. rat. Medic. v. Heule u. Pfeufer III, Bd. XI, 1)

zusammenzustellen, denn bei der sehr geringen Zahl von Beobachtungen, 5 für das arterielle, 6 für das venöse Blut, die Schöffer benutzt hat, um seine Mittelwerthe zu ziehen, können neu hinzukommende Versuche, selbst wenn es nur wenige sind, doch dazu beitragen, die Genauigkeit der Mittelwerthe zu erhöhen.

Versuchs-Nro.	Arter. Blut		Venöses Blut		Differenz d. Sauerstoff- pCt.	Differenz der Kohlensäure-pCt.
	Sauerst pCt.	Kohlensäure pCt.	Sauerst. pCt.	Kohlensäure pCt.		
Schöffer: 1.	11,39	32,78	4,15	36,31	7,24	3,53
2.		32,37		38,07		5,70
3.	17,70	31,65	9,20	36,10	8,50	4,45
4.	15,21	26,14	12,61	29,50	2,63	5,06
5.	11,76	29,28	8,85	35,59	2,91	6,31
6.	16,95	27,47	10,46	31.83	6,49	4,36
Mittel:					**5,55**	**4,57**
Meine Versuche: 1.	17,3	33,4	11,7	36,5	5,6	3,1
4.	15,4	32,4	9,5	34,0	5,9	1,6
Mittel aus sämmtlichen Versuchen:					**5,61**	**4,01**

Ferner lassen sich, wie mir scheint, für die Sauerstoffwerthe auch noch die Versuche 13, 14 und 15, 16 verwerthen, denn in 13 und 15 haben wir eine genaue Bestimmung des Sauerstoffgehaltes des venösen Blutes und in 14 und 16 in der je dritten Portion eine Sättigung des Blutes mit Sauerstoff. Da nun die Aderlässe bei 13 und 15 nur 40 Ccm. betrugen, so ist eine wesentliche Verminderung des Hämoglobingehaltes nicht anzunehmen, und da aus früheren Versuchen und den meinigen hervorgeht, dass dem arteriellen Blute zur völligen Sättigung mit Sauerstoff etwa 1 pCt. Sauerstoff fehlen, so können wir, wenn wir dies von den Sauerstoffwerthen der gesättigten Portionen in Abzug bringen, leicht den wahrscheinlich richtigen Sauerstoffgehalt des entsprechenden Arterienblutes berechnen. Die sich ent-

sprechenden Sauerstoff- und Kohlensäure-Werthe sind darnach:

Versuchs-Nr	Berechneter Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes.	Beobachteter Sauerstoffgehalt d. venösen Blutes.	Differenz der Sauerstoff-pCt.
13,14	11,1	6,7	4,4
15,16	19,2	13,5	5,7

Verwenden wir auch diese beiden Zahlen noch zur Bestimmung des Mittels, so erhalten wir für die Differenz des Sauerstoffgehaltes zwischen arteriellem und venösem Blute als: Mittel aus 9 Versuchen **5,48,** oder abgerundet **5,5,** gleich dem von Schöffer gefundenen Mittelwerthe.

Eine ähnliche Zusammenstellung in Betreff der gleichen Verhältnisse während der Apnoë, wenn wir für Versuch 14 und 16 annehmen, dass das apnoische Arterienblut im Mittel etwa 0,3 pCt. weniger Sauerstoff enthält als das vollkommen gesättigte, ergibt für die Sauerstoffwerthe:

Versuchs-Nr.	Sauerstoff-pCt. im arteriellen Blute.	Sauerstoff-pCt. im venösen Blute.	Differenz der Sauerstoff-pCt.
2.	17,4	12,0	5,4
5.	15,9	9,1	6,8
14.	11,8	5,65	6,15
16.	19,9	9,65	10,25
		Im Mittel:	**7,1**

Welcher Mittelwerth also um 1,6 pCt. höher ausfällt als das Mittel für normale Athmung. Die Zahl der Beobachtungen ist indessen zu klein, um für diesen Werth Genauigkeit beanspruchen zu können. Die auf die Kohlensäure bezüglichen Daten habe ich gar nicht berücksichtigt, da dabei zu bedeutende Schwankungen vorkommen.

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Rath Professor Pflüger, und seinen beiden Assistenten, den Herren Dr. Zuntz und Dr. Strassburg, für die freundliche Unterstützung in Rath und That, welche sie mir bei dieser Arbeit angedeihen liessen, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

VITA.

Ich August Georg Karl Ewald, evangelischer Confession, wurde am 7. Juni 1849 zu Darmstadt geboren. Meine Eltern, Ludwig Ewald, Obersteuerdirector, und Karoline, geborne Schleiermacher, sind wohnhaft zu Darmstadt. Daselbst erhielt ich den ersten Elementarunterricht und bezog im Herbst 1862 das dortige Gymnasium, welches ich im Herbst 1867 mit dem Zeugnisse der Reife verliess. Darauf studirte ich zwei Jahre Naturwissenschaften und Mathematik in Heidelberg, wurde dann im Herbst 1869 in Berlin in der medicinischen Facultät immatriculirt, absolvirte daselbst im Sommer 1870 das Tentamen physicum, und studire seit Herbst 1870 hier in Bonn.

Während dieser Zeit waren meine Lehrer folgende Herren Professoren und Privatdocenten, denen ich Allen meinen besten Dank sage:

In Heidelberg: Bunsen, Cantor, Helmholtz, Hofmeister, Kirchoff, Königsberger, Kopp, v. Treitschke.

In Berlin: Hartmann, Hofmann, Mitscherlich, Reichert, Sell.

In Bonn: Binz, Busch, Doutrelepont, v. Mosengeil, Obernier, Pflüger, Rindfleisch, Rühle, Sämisch, Veit und Zuntz.

Zu ganz besonderem Danke fühle ich mich gegen Herrn Geh. Rath Prof. Pflüger verpflichtet, unter dessen Leitung ich die vorliegende Arbeit ausgeführt habe.

THESEN.

1. Der thierische Körper enthält während der Apnoë absolut weniger freien Sauerstoff, als bei normaler Athmung, ja sogar mitunter weniger, als in geringen Graden von Dyspnoë.
2. Das Trendelenburg'sche Instrument ist anzuwenden bei allen schweren, längere Zeit in Anspruch nehmenden Operationen der Mund- und Rachenhöhle.
3. Die eigene Respiration des Foetus ist als sehr gering anzusehen.